



УДК 658.261

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАНА. РАСЧЕТ РЕЖИМА РАБОТЫ БГУ

EFFECTIVE USE OF METHANE. CALCULATION OF BIOGAS PLANT'S OPERATING MODE

Есаулкова Юлия Сергеевна, магистрант каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: esyuli@yandex.ru

Велькин Владимир Иванович, канд. техн. наук, доцент каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: v.i.velkin@urfu.ru

Julia S. Esaulkova, Master student, Department «Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: esyuli@yandex.ru

Vladimir I. Velkin, candidate Tech. Sci., Associate Professor. "Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources", Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: v.i.velkin@urfu.ru

Аннотация: В работе предложена методика для расчета биогазовой установки, работающей на отходах крупного рогатого скота. В расчете учитывалось количество поголовья, качество получаемого биогаза, а также в итоге был сделан вывод о вариантах последующего использования метана. Более выгодным было признано производство электрической энергии. В результате расчета была найдена оптимальная точка рентабельности электрогенераторной установки при работе на топливе-метан от биогазовой установки.

Abstract: In this work, a technique is proposed for calculating a biogas plant operating on cattle wastes. The calculation took into account the number of livestock, the quality of the biogas produced, and eventually concluded that the options for subsequent use of methane. The production of electric power was recognized as more profitable. As a result of the calculation, the optimal point of profitability of the power plant was found when working on fuel-methane from a biogas plant.

Ключевые слова: биогазовые установки; субстрат; биогаз; метан; технико-экономический анализ.

Key words: biogas plants; substrate; biogas; methane; technical and economic analysis.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время вопросы охраны природы и рациональное использование ресурсов приобретают огромное государственное значение при производстве любого вида продукции. Число прибыльных сельскохозяйственных организаций в России [1] на конец 2017 года составило 3,3 тыс. Причем поголовье крупного рогатого скота в них насчитывает около 8 356 тыс. голов, а также свиней – 18 389, овец и коз – 4 223 и птиц – 452 млн. голов. Данные хозяйства оказывают мощное негативное воздействие на окружающую среду, соизмеримое с влиянием промышленных объектов, образуя ежегодно непомерные количества отходов. Для решения этих и иных проблем решением является применение биогазовых установок. В России главной причиной ограниченного применения биогазовых технологий являются большие энергозатраты на технологические нужды оборудования. Таким образом, возникает потребность анализа текущих

биогазовых технологий, методов производства метана и его дальнейшего использования. В работе выполнен подбор оптимального варианта работы биогазовой установки, работающей на отходах крупного рогатого скота (далее - КРС), также технический и экономический расчеты использования метана.

РАСЧЕТ ВЫХОДА БИОГАЗА

Размеры реактора БГУ определяются индивидуально для каждого хозяйства по имеющемуся поголовью домашних животных и с учетом его возможного роста [2]. Для определения суточного выхода навоза от той или иной группы животных можно использовать нормативный метод [3]:

$$Q_{\text{общ}} = \sum_{j=1}^m (Q_a + Q_t + Q_n + Q_p) \cdot nj, \quad (1)$$

где Q_a – суточный выход экскрементов; Q_t – суточных выход технологической воды; Q_n – воды

в навозоудаление; Q_p – подстилки; n_j – количество животных. В соответствии с полученным суточным количеством навоза (таблица 1) определяем суточный выход биогаза. Биогаз содержит примерно 53-73% метана, 30-40% двуокиси углерода (CO_2) и малые проценты других газов. В данном анализе мы предполагаем, что содержание CH_4 в биогазе составляет 65%, а CO_2 составляет 35% [4]. Суточный выход биогаза составляет 256,9 м³/стадосутки, а метана – 167,0 м³/стадосутки.

Таблица 1
Расчет выхода навоза от стада КРС

Возрастные группы	Выход навоза	
	кг/гол.сутки	кг/сутки
Коровы, в т.ч.		5 140,0
дойные	55	4 180,0
сухостойные	40	960,0
Молодняк, в т.ч.		1 283,0
до 2 недель	7,5	45,0
до 3 месяцев	7,5	225,0
до 6 месяцев	7,5	225,0
до 12 месяцев	14	140,0
до 18 месяцев	27	648,0
Итого (кг/стадосутки)		6 423,0

ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВАРИАНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАНА

Метан широко используется во многих технических сферах, например, при получении синтетического каучука, синтетического бензина, типографской краски и резины; используется при резке и сварке металлов и как топливо – печное или для двигателей внутреннего сгорания. В данном разделе рассмотрим получение видов энергии при определенных КПД и расчетном выходе метана от стада КРС за сутки. Примем, что удельные энергетические эквиваленты метана: 8,15 Мкал/м³ и 9,48 кВтч/м³ соответственно. Для получения механической и попутной тепловой энергии был принят КПД = 0,45; для остальных – 0,90. Варианты использования метана с результатами расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2

метан-котельное (печное) топливо		
получение тепловой энергии от сжигания метана	Мкал/стадосут	1224,9
метан-топливо ДВС в том числе		
получение механической энергии	кВтч/стадосут	712,3
выработка электрической энергии из механической	кВтч/стадосут	641,1
получение попутной тепловой энергии	Мкал/стадосут	612,5

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВАРИАНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАНА

Целесообразность применения какого-либо вида альтернативного топлива определяется соотношением цен между традиционным и альтернативным топливом, затратами на переоборудование техники, которая будет работать на альтернативном топливе, и наличием инфраструктуры для доставки, хранения и заправки. В данном разделе был проведен экономический расчет вариантов использования метана и были получены эквиваленты рыночной стоимости энергии от вариантов использования метана. Затраты на обслуживание и ремонт биогазовой установки приведены в таблице 3.

Таблица 3

Итого затрат	руб/сут	439,62
на производство электроэнергии	руб/сут	307,73
на производство теплоты	руб/сут	131,88
себестоимость электроэнергии	руб/кВтч	0,48
себестоимость теплоты	руб/Мкал	0,22
рентабельность электроэнергии	%	56,36
рентабельность теплоты	%	57,28

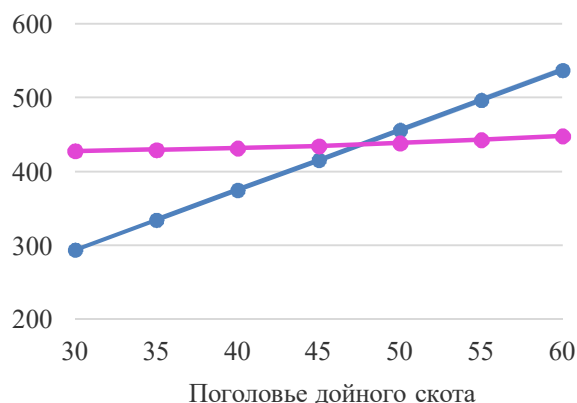


Рис. 1. Оптимальная точка рентабельности электрогенераторной установки при работе на топливе-метан от биогазовой установки

Необходимо заметить, что представленный расчет выполнен для стада на 100 голов. Можно сделать вывод, что использование биогаза для производства электроэнергии более выгодно, нежели для производства тепловой энергии. Основываясь на данный метод расчета, изменяя количество животных, найдем оптимальную точку рентабельности электрогенераторной установки при работе на топливе-метан от биогазовой установки. График представлен на рисунке 1.

ВЫВОДЫ

По итогу работы можно сделать следующие выводы. Увеличение поголовья КРС соответственно повысит суточный выход, как субстрата, так и метана. Поэтому при расчете на 100 голов рентабельность электроэнергии уже составляла 56,4 %, а тепловой энергии 57,3 %. Данный расчет на 1000 голов показывает рентабельность электроэнергии на 94,2 %, а тепловой – 94,3 %. Но даже небольшое изменение поголовья КРС влияет на объем необходимого реактора. По данным [5] теленку до года соответствует объем реактора 0,45-0,75 м³, а быку – 1,8-3,0 м³. Главным же критерием при выборе конструкции реактора является возможность реализовать ее на практике и удобство с точки зрения обслуживания и эксплуатации. Таким образом, возникает необходимость нахождения оптимального варианта работы БГУ, как со стороны выработки метана и его эффективного использования, так и со стороны затрат на установку. На основании расчета и рисунка 1 оптимальным количеством животных принято – 47. При расчете БГУ на 47 голов суточный объем биогаза равен 120,8 м³/стадосутки, а метана – 78,5 м³/стадосутки. Себестоимость электрической и тепловой энергии ниже среднерыночных и равны соответственно 1 руб/кВтч, и 0,45 руб/Мкал. Для качественной технико-экономической оценки биогазовых установок, кроме определения последующего использования метана, нельзя пренебрегать биоудобрениями, как еще одним продуктом от БГУ. Данные о повышении урожайности после применения биоудобрений

колеблются от 10 до 30 % [4]. Выгода от применения биоудобрений складывается из экономии средств на минеральных удобрениях: используемых ранее, и из увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Анализ литературы также показал, что использование биогазовых установок эффективно еще и потому, что срок окупаемости БГУ варьируется от нескольких месяцев до 1 года. Для развития данной сферы энергетики необходима популяризация, точные методы определения эффективности и помощь хороших специалистов с правильным подбором оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основные показатели сельского хозяйства в России в 2017 году / Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru>
2. Арбузова Е.В., Щеклеин С.Е. К проблеме энергетической эффективности биогазовых технологий в климатических условиях России // Альтернативная энергетика и экология. 2011. №7. Екатеринбург: УГТУ-УПИ. – С. 108–110.
3. Брюханов А.Ю. Методика оценки суточного и годового выхода навоза // Молочнохозяйственный вестник. 2014. № 1 (13).
4. Hartmann H. The Future of Biogas Production // The Environmental Microbiology/Biotechnology Research Group, BioCentrum-DTU, Building 227, Technical University of Denmark, DK - 2800 Lyngby, Denmark.
5. Dikici A. Energy and Exergy Analysis of Biogas Reactor, Turkey, 2012.